

# JURNAL

## STABILISASI TANAH DENGAN FLY ASH DAN SEMEN UNTUK BADAN JALAN PLTU ASAM-ASAM

Andreas Dharmawan Huri, Kristian Yulianto  
Sri Prabandiani RW, Siti Hardiyati

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl.Prof.Soedarto,SH., Tembalang, Semarang, 50239,  
Telp.: (024) 7474770, Fax.: (024) 74600600

### ABSTRAK

Pemanfaatan limbah batubara (*fly ash*) yang sangat besar jumlahnya dari PLTU Asam-Asam sebagai bahan stabilisasi tanah yang kurang baik pada badan jalan di PLTU Asam-Asam. Hasil CBR tanah asli kondisi rendam sebesar 3,52 %. Nilai CBR tanah asli tersebut tidak memenuhi batas minimum yang ditetapkan dalam SNI 03-1744-1989 yaitu sekurang-kurangnya 6%. Selain sebagai stabilisasi tanah dapat digunakan untuk mengatasi pencemaran lingkungan, tetapi tepatnya berapa banyak *fly ash* yang digunakan agar tidak mencemari lingkungan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Dalam penelitian ini metode stabilisasi kimiawi digunakan sebagai cara untuk memperbaiki kondisi tanah dasar yaitu dengan mencampur tanah asli dengan *stabilizing agent* berupa campuran semen dan *fly ash* kelas F dalam berbagai variasi yaitu 4%PC+5%FA, 4%PC+8%FA, 4%PC+10%FA, 2%PC+7%FA, dan 4.5%PC+8%FA terhadap berat kering tanah. Hasil pengujian tanah dalam kondisi asli menunjukkan bahwa tanah diklasifikasikan sebagai tanah lempung dengan plastisitas tinggi / kelompok CH menurut Unified System dan A-7-6 menurut AASHTO. Hasil uji CBR dengan berbagai variasi campuran dalam kondisi rendam (*soaked*) dan waktu peram 0 hari, 4 hari dan 7 hari menunjukkan adanya kenaikan berkisar antara (5,51 – 16,31)%. Dipilih campuran optimum 4%PC+8%FA peram 4 hari yang menghasilkan nilai CBR sebesar 14,80% meskipun lebih kecil 2.5% dibandingkan nilai CBR maksimum pada campuran 4.5%PC+8%FA peram 4 hari sebesar 16.31% dengan pertimbangan penggunaan semen efisien. Disimpulkan bahwa campuran 4%PC + 8%FA dapat digunakan sebagai *stabilizing agent* pada *subgrade* badan jalan PLTU Asam-Asam sekaligus untuk mengurangi limbah batubara.

Kata Kunci : Stabilisasi Tanah, Tanah Dasar, Fly Ash, Semen, *Stabilizing Agent*.

### ABSTRACT

*The huge amount of coal waste (fly ash) produced by Acid plant could be use the main material for soil stabilizing at thr road ro plant acids Because it has the CBR value  $\leq 6\%$  is 3.52% roomates minimum limits allowed by SNI 03-1744-1989 and also to solve enviromental pollution problems, but certainly how much fly ash is used in order not to polute the environment Necessary to conduct futher research.In this research, the chemical stabilization method used to repaired the base soil condition is by the base soil mix with a combine of protland cement and fly ash as stabilizing agent in various ratios; 4% PC + 5% FA, 4% PC + 8 % FA, 4% PC + 10% FA, 2% PC + 7% FA, and 4.5% PC + 8% FA by weight of dry soil. The result of original soil tests indicate the clasifcation is clay with high plasticity (CH) According to the Unified System and grade A-7-6 According to AASHTO. The result of CBR test with various mixed ratio in soaked condition by 0, 4, and 7 days show the CBR value is increasing. The maximum increase of is%, happened in various optimum mix ratio of 4% PC + 8% FA for 4 days of soaked time. The conclusion is that the optimum use of fly ash at 8% could be used to solve environmental pollution problems and also used as stabilizing agent at the road to the power plant Acid*

Keywords : Soil stabilization, Subgrade, Fly Ash, Portland Cement, *Stabilizing Agent*.

### 1. Pendahuluan

## 1.1 Latar Belakang

Pada saat ini penggunaan dan pengolahan batu bara semakin banyak digunakan oleh industri penghasil sumber daya. Penggunaan dan pengolahan batu bara terdapat beberapa keuntungan dan kerugian. Keuntungan yang didapat yaitu batu bara sebagai salah satu alternatif pengganti sumber daya seperti minyak dan salah satu kerugian yang didapat yaitu limbah yang dihasilkan oleh batu bara menyebabkan polusi udara di sekitar pabrik. Hasil limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan batu bara yang berhubungan dengan penelitian ini adalah abu terbang atau *fly ash*.

Pemanfaatan limbah batubara (*fly ash*) akan sangat membantu program pemerintah dalam mengatasi pencemaran lingkungan sekaligus sebagai bahan stabilisasi tanah untuk konstruksi jalan, pada tanah-tanah yang secara teknis bermasalah maupun keperluan lain di bidang teknik sipil. Suatu konstruksi baik jalan, gedung maupun konstruksi lainnya akan dapat bertahan lama sesuai umur rencana apabila didukung oleh tanah dasar yang baik.

Permasalahan yang sering dihadapi dalam mengatasi tanah dasar yang kurang baik pada suatu konstruksi antara lain : (1) Adanya sifat mengembang dan menyusut yang sangat kontras akibat adanya perubahan kadar air. (2) Intrusi / masuknya air dan pemompaan (*pumping*) yang terjadi pada sambungan, retakan, dan tepi-tepi pelat sebagai akibat dari tekanan beban lalu lintas. (3) Daya dukung yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan. (4) Adanya tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkan, yaitu pada tanah berbutir kasar yang tidak dipadatkan secara baik( *Purwanto, 2011*).

Mengatasi kerusakan konstruksi, dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain adalah pra pembebanan, perbaikan drainase, pemadatan, stabilisasi kimia, stabilisasi mekanik, dan lain-lain. Dalam penelitian ini metode stabilisasi kimiawi digunakan sebagai cara untuk memperbaiki kondisi tanah dasar yaitu dengan mencampur tanah asli dengan *stabilizing agent* berupa campuran semen dan *fly ash*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :  
”Bagaimana pengaruh penambahan limbah pembakaran dari PLTU Asam Asam berupa *fly ash* dan *portland cement* pada tanah dasar (*subgrade*) konstruksi jalan, ditinjau terhadap sifat karakteristik tanah agar kestabilan tanah tetap terjaga sesuai dengan umur rencana”

## 1.3 Maksud dan Tujuan

### 1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian adalah mengamati dan mempelajari pengaruh penambahan campuran *fly ash* dan semen pada tanah yang akan digunakan sebagai tanah dasar pada konstruksi jalan PLTU Asam Asam.

### 1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui besarnya pengaruh penambahan campuran *fly ash* dan semen terhadap daya dukung tanah.
- b. Mengetahui prosentase campuran dan lama pemeraman yang optimum ditinjau dari pengujian stabilitas tanah.

### 1.5. Batasan Masalah

Batasan permasalahan penelitian adalah mengamati seberapa besar kadar penambahan *fly ash* dan *portland cement* serta waktu pemeraman yang optimum dalam stabilisasi tanah. Dengan demikian, dilakukan pembatasan permasalahan dengan hal-hal sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel tanah di sekitar lokasi konstruksi jalan PLTU Asam Asam.
2. Metode yang digunakan dalam pengujian tanah asli maupun campuran (tanah-semen-fly ash) secara umum menggunakan standar *America Society For Testing Materials (ASTM) Standart On Soil Stabilization with Admixture* (1992). Metode standar lainnya yang digunakan adalah AASHTO dan SNI.
3. Penelitian meliputi pengujian laboratorium untuk menentukan karakteristik tanah dan proporsi variasi campuran stabilisasi. Macam pengujian berupa *soil / index properties*, *standard proctor* dan daya dukung dengan metode CBR.
4. Material stabilisasi terdiri dari *fly ash* (FA) dan *portland cement* (PC) dengan komposisi 4%(PC)+5%(FA), 4%(PC)+8%(FA), 4%(PC)+10%(FA), 2%(PC)+7%(FA) dan 4,5(PC)+8%(FA) terhadap berat kering tanah.
5. Pembuatan benda uji dilakukan pada tanah asli dan campuran tanah asli dengan tambahan *fly ash* dan *portland cement*. Pada keadaan tanah asli dengan tambahan *fly ash* dan *portland cement* dalam kondisi OMC dilakukan pada waktu peram nol (0) hari, 4 hari, dan 7 hari serta dalam keadaan direndam dan tidak direndam.
6. Material stabilisasi yang digunakan adalah sebagai berikut:
  - *Fly ash* kelas F yang digunakan berasal dari limbah PLTU Asam Asam yang merupakan hasil pembakaran batubara.
  - Semen yang digunakan yaitu *portland cement* yang sesuai dengan ASTM C 150-92 yaitu semen Portland tipe 1 dengan merk Indocement Tiga Roda.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah. Apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan. (Bowles, 1984)

Stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu tindakan :

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah.
4. Memperbaiki sifat permeabilitas tanah.
5. Mengganti tanah yang buruk.

Tujuan perbaikan tanah tersebut adalah untuk mendapatkan tanah dasar yang stabil pada semua kondisi. Adapun metode-metode stabilisasi yang dikenal adalah :

1. Stabilisasi mekanis

Stabilisasi mekanis adalah penambahan kekuatan atau daya dukung tanah dengan mengatur gradasi tanah yang dimaksud. Usaha ini biasanya menggunakan sistem pemadatan. Pemadatan merupakan stabilisasi tanah secara mekanis, pemadatan dapat dilakukan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan, ledakan, tekanan statis, dan sebagainya ( *Bowles, 1991*).

2. Stabilisasi kimiawi

Stabilisasi tanah secara kimiawi adalah penambahan bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Biasanya digunakan pada tanah yang berbutir halus. Bahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah disebut *stabilizing agent*.

## 2.2 Fly Ash

Proses pembakaran batu bara pada PLTU menghasilkan limbah berupa limbah cair dan limbah padat. *Fly Ash* dan *Bottom Ash* merupakan limbah padat sisa pembakaran batu bara. Limbah cair antara lain (*oily drain, aux drain, boiler cleaning, ash disposal area, coal pile storage area, boiler blowdown, FGD blow down*)

Menurut ASTM C618 *Fly Ash* dibagi menjadi 2 kelas yaitu *Fly Ash* kelas F dan *Fly Ash* kelas C. Perbedaan utama dari kedua *Fly Ash* tersebut adalah banyaknya unsur kalsium, silika, aluminium, dan kadar besi dalam ash.

- a. *Fly Ash* kelas F merupakan *Fly Ash* yang diproduksi dari pembakaran batu bara *antrachite* atau *bituminous*, mempunyai sifat *pozzolanic* dan untuk mendapatkan sifat *cementitious* harus diberi penambahan *quick lime, hydrated lime*, atau semen. *Fly Ash* kelas F memiliki kadar kapur yang rendah ( $\text{CaO} < 10\%$ ).
- b. *Fly Ash* kelas C merupakan *Fly Ash* yang diproduksi dari pembakaran batu bara lignite atau *subbituminous* yang mempunyai sifat *pozzolanic* serta *self cementing* (kemampuan untuk mengeras dan menambah kekuatan apabila bereaksi dengan air tanpa penambahan kapur). *Fly Ash* kelas C biasanya memiliki kadar kapur ( $\text{CaO} > 10\%$ ).

Keuntungan menggunakan *Fly Ash* pada aplikasi *Geotechnical Engineering*, seperti *soil improvement* untuk konstruksi jalan adalah dari segi ekonomi, lingkungan, dan mengurangi *shrinkage-cracking problem* pada penggunaan semen sebagai bahan stabilisasi. Salah satu penanganan lingkungan yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan limbah *fly ash* untuk keperluan bahan bangunan teknik sipil. Namun pemanfaatan limbah *fly ash* masih belum maksimal dilakukan.

## 2.3 Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

Definisi CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*loading test*) dengan beban standar ( *Standard Load* ) dan dinyatakan dalam prosentase.

Dengan rumus :  $\text{CBR} = \text{test load/standard load} \times 100\%$

Tujuan Percobaan ini adalah untuk menilai kekuatan tanah dasar yang dipadatkan di laboratorium yang akan digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan. Hasil percobaan dinyatakan sebagai nilai CBR (dalam %) yang nantinya dipakai untuk menentukan tebal perkerasan.

Untuk menentukan tebal perkerasan secara umum biasanya kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam nilai CBR (*California Bearing Ratio*) dimana nilai CBR adalah perbandingan kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang dipakai untuk pembuatan perkerasan terhadap nilai CBR didapat dari percobaan baik, untuk contoh tanah asli (*undisturbed sample*) maupun contoh tanah yang dipadatkan (*compacted sample*). Percobaan CBR juga dapat dilakukan secara langsung di lapangan. Pada perencanaan jalan baru, tebal perkerasan biasanya ditentukan dari nilai CBR tanah dasar yang dipadatkan. Nilai CBR yang dipergunakan untuk perencanaan disebut CBR desain (*CBR design*). Desain CBR didapat dari percobaan di laboratorium dengan memperhitungkan dua faktor, yaitu :

- a. Kadar air tanah serta berat isi kering pada waktu dipadatkan.
- b. Percobaan pada kadar air yang mungkin terjadi setelah perkerasan selesai dibuat. Contoh tanah yang diuji mempunyai kadar air mendekati kadar air optimum (toleransi  $\pm 5\%$ ).

## 2.6 Dasar Teori Percobaan Proctor

Percobaan Proctor dimaksudkan untuk mendapatkan *w maksimum* atau *optimum* dan *γ<sub>dry maksimum</sub>* dari tanah dan berguna untuk standar pemadatan di lapangan dengan jenis tanah tersebut. Untuk mendapatkan besarnya *w maksimum* atau *optimum* dan *γ<sub>dry maksimum</sub>*, maka dilakukan penambahan air dengan kadar yang berbeda-beda bilamana sebelumnya harus diketahui terlebih dahulu nilai PL (*Plastic Limit*). Dengan demikian langkah yang perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai *w maksimum* atau *optimum* dan *γ<sub>dry maksimum</sub>* adalah :

1. Menentukan nilai PL dari tanah yang akan digunakan untuk menentukan berapa besar penambahan air yang diperlukan.
2. Menentukan kadar air tanah *natural* dengan cara menjemur tanah pada terik matahari.
3. Menentukan besarnya penambahan air apabila tanah, di mana penambahan air dengan berbagai variasi yaitu 3 percobaan di bawah PL dan 3 percobaan diatas PL.

## 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, mulai dari tahap persiapan, pemeriksaan mutu bahan (berupa tanah, *fly ash*, dan semen), tahap perencanaan campuran sampai tahap pelaksanaan pengujian di laboratorium. Adapun pengujian pada metode penelitian yaitu soil properties, sieve analisis, atterberg limit, uji Standar Proctor, dan uji CBR.

## 4. Hasil Penelitian dan Analisis Data

Berdasarkan hasil pengamatan visual menunjukkan bahwa tanah tersebut berwarna merah dan dijumpai sisa-sisa bahan organis. Hasil penelitian di laboratorium mengenai karakteristik tanah yang meliputi *index properties*, batas-batas konsistensi (Atterberg) serta klasifikasi butiran.

Menurut klasifikasi berdasarkan AASHTO, dari hasil penelitian didapat nilai PI = 19,18% - 23,45%, berat total tanah yang lolos ayakan no. 200 sebesar 66,6% - 70,2%. LL Dengan demikian tanah termasuk tanah bertipe A-7-6 karena memenuhi syarat LL minimum 41, PI minimum 11 dan PI <30% dengan Fraksi tanah lempung.

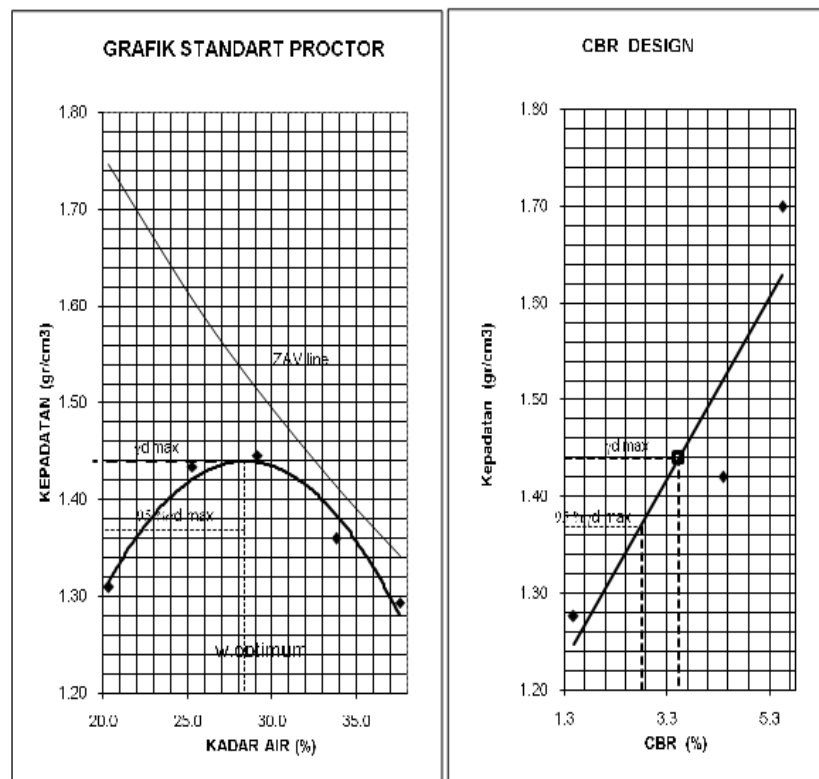
Menurut klasifikasi *Unified System*, tanah butir halus karena >50% dari berat total tanah lolos ayakan no.200, tanah memiliki batas cair sebesar 53,80 % dan 52,80 % menunjukkan bahwa LL >50%. Dengan demikian, tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah berbutir halus dengan plastisitas tinggi.

Berikut campuran yang dipakai pada penelitian ini yaitu :

- Kondisi campuran 4%PC + 5%FA,
- Kondisi campuran 4%PC + 8%FA,
- Kondisi campuran 4%PC + 10%FA
- Kondisi campuran 2%PC + 7%FA, dan
- Kondisi campuran 4,5%PC + 8%FA.

Pengujian dilakukan dengan jenis percobaan *Standart Compaction Test* sehingga energi yang dihasilkan per lapisan berbeda. Berdasarkan data Standar Proctor dapat diketahui bahwa tanah mencapai kadar air optimum (OMC) sebesar 28,4% dengan berat isi kering ( $\gamma_d$ ) 1.44 gr/cm<sup>3</sup> dan porositas 0,97.

Hasil pada kondisi CBR tanah asli dengan direndaman didapat nilai CBR pada 100%  $\gamma_d$  maksimum yaitu 3,520 % dan nilai CBR pada 95%  $\gamma_d$  maksimum adalah 2,810 %.

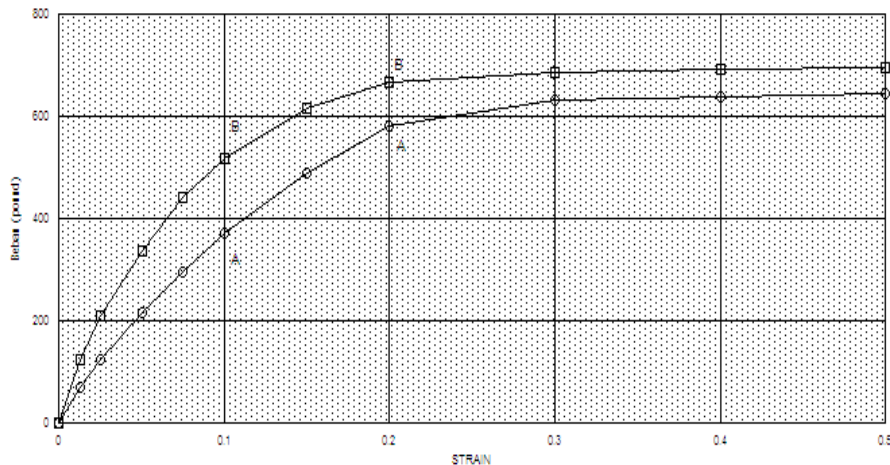


Gambar 1. Kondisi CBR Tanah Asli dengan Rendaman

Gambar di bawah ini menunjukkan hasil uji CBR *design* tanah dengan variasi campuran 4%(PC) + 8%(FA) dalam kondisi *soaked* waktu peram 4 hari sebagai campuran terpilih yang digunakan pada lapisan subgrade.

Tabel 1. Hasil Uji CBR 4%(PC) + 8%(FA) Waktu Peram 4 Hari dan 7 Hari

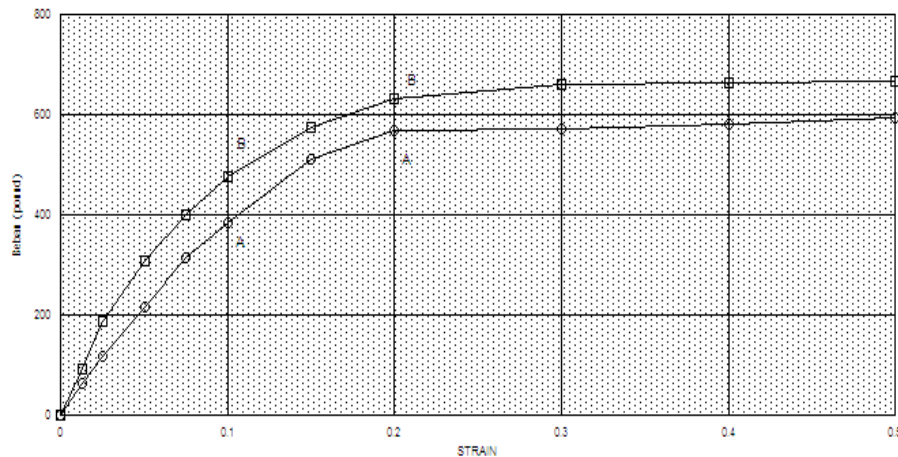
Jenis Campuran	CBR Soaked (peram 4 hari)	CBR Soaked (peram 7 hari)
	25x	25x
4%PC+8%FA	14,80%	14,31%



		A	B		A	B		RATA - RATA
CBR	0,1"	371.37	516.44	pound	12.38	17.21	%	14.80
VALUE	0,2"	580.27	667.31	pound	12.89	14.83	%	13.86

KETERANGAN : A' (0.1") = 371.37 / 3000\*100  
A' (0.2") = 580.27 / 4500\*100  
B' (0.1") = 516.44 / 3000\*100  
B' (0.2") = 667.31 / 4500\*100

Gambar 2. CBR Design Campuran 4%(PC)+8%(FA) Soaked Peram 4 hari



		A	B		A	B		RATA - RATA
CBR	0,1"	382.98	475.82	pound	12.77	15.86	%	14.31
VALUE	0,2"	568.66	632.49	pound	12.64	14.06	%	13.35

KETERANGAN : A' (0.1") = 382.98 / 3000\*100  
A' (0.2") = 568.66 / 4500\*100  
B' (0.1") = 475.82 / 3000\*100  
B' (0.2") = 632.49 / 4500\*100

Gambar 3. CBR Design Campuran 4%(PC)+8%(FA) Soaked Peram 7 hari

Namun pada pengujian CBR pada tanah dengan variasi campuran 4,5%(PC) + 8%(FA) dianggap kurang efisien karena justru penggunaan semen yang semakin banyak padahal nilai CBR pada variasi campuran 4%(PC) + 8%(FA) telah menghasilkan nilai CBR melebihi batas minimum yang telah ditetapkan dalam SNI 03-1744-1989 paling sedikit 6%. Dengan

demikian, berdasarkan beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan pada tanah dengan berbagai variasi campuran dapat diketahui bahwa variasi campuran 4%(PC) + 8%(FA) adalah variasi campuran yang paling optimum karena pemanfaatan limbah *fly ash* secara optimal sebesar 8% mampu menghasilkan nilai CBR sebesar 14,80% pada waktu peram yang optimal pula yaitu waktu peram 4 hari. Berdasarkan hasil penelitian didapat nilai LL = 46,80 %, PI = 21,51 %, berat total tanah yang lolos ayakan no. 200 sebesar 12,849 %. Menurut klasifikasi tanah AASHTO, tanah termasuk tanah A-2-7 karena memenuhi syarat LL minimum 41, PI minimum 11 dan berat total tanah yang lolos ayakan no. 200 < 35 %.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang berasal dari PLTU Asam Asam di Desa Asam-Asam, Kabupaten Tanah Laut, Propinsi Kalimantan Selatan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1.a. Tanah asli yang berasal dari PLTU Asam Asam, berdasarkan klasifikasi menggunakan AASHTO termasuk kelompok A-7-6 dan klasifikasi menggunakan *Unified System* termasuk tanah berbutir halus dengan plastisitas tinggi.
- b. Dari hasil Standar Proctor dapat diketahui bahwa tanah mencapai kadar air optimum (OMC) sebesar 28,4% dengan berat isi kering max ( $\gamma_d$  max) 1.44 gr/cm<sup>3</sup> dan porositas 0,97 yang kemudian digunakan dalam menentukan nilai CBR yang digunakan pada design CBR.
- c. Kondisi tanah asli mempunyai nilai CBR *soaked* maksimum pada 100%  $\gamma_d$  max sebesar 3,520% dan pada 95%  $\gamma_d$  max sebesar 2,810%.
2. Penggunaan *fly ash* pada penelitian ini termasuk dalam kelas F dengan kadar kapur nya rendah (CaO < 10% ) sehingga perlu tambahan semen (PC).
3. Dari hasil uji CBR *soaked* pada beberapa variasi energy (9000, 22500, 50400 lb/ft-cu) dan peram (0, 4, 7 hari) , kondisi optimum diperoleh pada campuran 4%(PC)+8%(FA) peram 4 hari sebesar 14,80% > 6% ( batas minimum yang ditetapkan dalam SNI 03-1744-1989 ) sehingga tanah dapat digunakan sebagai *subgrade*. Selain itu, dari hasil uji *index properties* pada campuran 4%(PC)+8%(FA), tanah mengalami peningkatan klasifikasi dari A-7-6 menjadi A-2-7 menurut AASHTO.

### 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut yaitu pada pengaruh lingkungan akibat penggunaan campuran *fly ash* dan semen seperti pada kondisi tanah dan tanaman di sekitarnya.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut pada stabilisasi campuran *fly ash* dan semen untuk *subbase / base* pada jalan.